



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-222376

(43)Date of publication of application : 01.10.1991

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01L 21/205

(21)Application number : 02-017591

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 26.01.1990

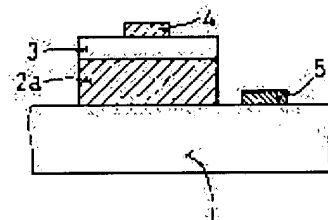
(72)Inventor : KOBASHI KOJI
MIYATA KOICHI
KUMAGAI KAZUO
MIYAUCHI SHIGEAKI
MATSUI YUICHI

(54) DIAMOND SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable a diamond semiconductor light emitting element to emit light rays of different colors in a short wavelength range by a method wherein a diamond semiconductor layer, a diamond insulator layer, and a front electrode are successively provided onto a conductive substrate, and a back electrode is provided coming into ohmic contact with the conductive substrate.

CONSTITUTION: A P-type diamond semiconductor layer 2a is synthesized in vapor phase on a low resistive Si substrate (silicon wafer) 1. In succession, a diamond insulator layer 3 is formed thereon, furthermore a front electrode 4 is built thereon, and a back electrode 5 is formed coming into ohmic contact with the Si substrate 1. If a voltage of 350V or so is applied between the electrodes 4 and 5 of this diamond semiconductor light emitting element so as to make the front electrode 4 negative in potential, the light emitting element starts emitting green white light rays, and the element can be easily enhanced and controlled in emission intensity without causing dielectric breakdown by increasing the applied voltage. The relation between the applied voltage and emission intensity can be varied by changing the diamond insulator layer 3 in thickness.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑫ 公開特許公報(A)

平3-222376

⑤ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 平成3年(1991)10月1日

H 01 L 33/00
21/205A 8934-5F
7739-5F

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全5頁)

⑥ 発明の名称 ダイヤモンド半導体発光素子

② 特 願 平2-17591

② 出 願 平2(1990)1月26日

⑦ 発 明 者 小 橋 宏 司 兵庫県西宮市高須町2-1, 31-440
 ⑦ 発 明 者 宮 田 浩 一 兵庫県明石市荷山町2725-2
 ⑦ 発 明 者 熊 谷 和 夫 兵庫県神戸市灘区篠原伯母野山町2-3-1
 ⑦ 発 明 者 宮 内 重 明 兵庫県神戸市灘区篠原伯母野山町2-3-1
 ⑦ 発 明 者 松 居 祐 一 兵庫県神戸市灘区篠原伯母野山町2-3-1
 ⑦ 出 願 人 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号
 ⑦ 代 理 人 弁理士 金 丸 章 一

明 細 書

1. 発明の名称

ダイヤモンド半導体発光素子

2. 特許請求の範囲

(i) 導電性基板上に順次ダイヤモンド半導体層とダイヤモンド絶縁体層とを備え、前記ダイヤモンド絶縁体層上に表電極を設け、更に前記導電性基板に対しオーム性接触を有する裏電極を設けたことを特徴とするダイヤモンド半導体発光素子。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

この発明は、ダイヤモンド半導体を用いて短波長の青白色などを発光させる新規な素子構造を有する、ダイヤモンド半導体発光素子に関するものである。

〔従来の技術〕

周知のように、ダイヤモンドは、5.5 eVの広いバンドギャップをもっており、短波長領域の固体発光材料として期待されている。

気相合成法などの合成技術によりB（ホウ素）

をドーピングしたp型ダイヤモンド半導体が得られるが、これを利用して、短波長の光を発光させるダイヤモンド半導体発光素子の研究開発が進められており、第5図に示すような構造の素子が提案されている（応用物理学会、1989年春期学会講演予稿集、第2分冊、p. 481）。

同図において、51はダイヤモンド単結晶基板、52はこのダイヤモンド単結晶基板51上に気相合成によりBをドーピングして形成されたp型ダイヤモンド半導体層、53はp型ダイヤモンド半導体層52に対しショットキー型接触を示すW（タングステン）からなるショットキー電極、54はp型ダイヤモンド半導体層52に対しオーミック接触を示すTi（チタン）からなるオーミック電極である。

上記構成になるダイヤモンド半導体発光素子の発光機構を第6図に基づいて説明する。第6図は上記第5図に示すダイヤモンド半導体発光素子においてショットキー電極53に正の電圧を印加した場合のエネルギーバンド図であって、同図において、Vは印加電圧、E_Fはフェルミ準位、E_cは

p 型ダイヤモンド半導体層 52 の伝導帯下端のエネルギー、 E_v はその価電子帯上端のエネルギー、白丸は正孔、黒丸は電子を示す。両電極間にショットキー電極 53 が正となるような電圧 V を印加すると、正孔がトンネル効果によりショットキー電極 53 から p 型ダイヤモンド半導体層 52 へ移動し、この移動した正孔が欠陥準位で電子と再結合して青白色の発光を生じる。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上記構成になる従来のダイヤモンド半導体発光素子では、p 型ダイヤモンド半導体層に対しショットキー型接触を示すショットキー電極を設け、いわゆる金属電極・半導体の整流性接触特性 (ショットキー特性) を用いたものであるから、このショットキー特性は p 型ダイヤモンド半導体層中にドーブされた B 濃度や半導体層の表面状態に強く依存するため、金属電極・半導体接合において所定のショットキー特性を示すショットキー電極を形成するのは容易でない。また、発光波長は発光層である p 型ダイヤモンド半導

る。

(作 用)

上記のように構成されるこの発明によるダイヤモンド半導体発光素子の発光機構を以下に説明する。第 3 図はダイヤモンド半導体層が p 型の場合の発光機構の説明図である。この場合、この発明によるダイヤモンド半導体発光素子は、その模式構造図の第 3 図(a)に示すように、導電性基板 11 上に、順次、p 型ダイヤモンド半導体層 12a とダイヤモンド絶縁体層 13 とを積層し、ダイヤモンド絶縁体層 13 上に例えば金属からなる表電極 14 を設け、さらに、導電性基板 11 に対しオーミック接触を示す例えば金属からなる裏電極 15 を設けてなる構造としている。第 3 図(b)は順方向バイアス状態におけるエネルギーバンド図である。第 3 図(b)では、ダイヤモンド絶縁体層 13、p 型ダイヤモンド半導体層 12a それぞれにおいて、伝導帯下端のエネルギーを E_{c1} 、 E_{c2} 、価電子帯上端のエネルギーを E_{v1} 、 E_{v2} として示す。また、フェルミ準位を E_f 、正孔を白丸、電子を黒丸として示す。

体層への不純物のドーピング量に強く依存するので、所定のショットキー特性を確保した上でドーピング量を変化させることがむずかしく、このため、短波長域において異なる発光色が容易に得られ難いという欠点がある。さらに、ショットキー電極側に正の電圧を印加する逆方向バイアス状態で発光させる構成であるため、発光する電圧範囲は絶縁破壊が起こる直前の狭い範囲に限られており、発光強度を変えるための電圧制御が容易でないという欠点もある。

この発明は、上記従来の欠点を解決した新規な素子構造を有するダイヤモンド半導体発光素子の提供を目的とする。

(課題を解決するための手段)

上記従来の欠点を解決するため、この発明によるダイヤモンド半導体発光素子は、導電性基板上に順次ダイヤモンド半導体層とダイヤモンド絶縁体層とを備え、前記ダイヤモンド絶縁体層上に表電極を設け、更に前記導電性基板に対しオーミック接触を有する裏電極を設けたことを特徴としてい

第 3 図(b)において、両電極間 14、15 に表電極 14 が負となるような電圧 V を印加すると、つまり表電極 14 側からみて p 型ダイヤモンド半導体層 12a に正の電圧を印加する順方向バイアス状態にすると、ダイヤモンド絶縁体層 13 のエネルギーバンドは p 型ダイヤモンド半導体層 12a との界面方向へその E_{c1} 、 E_{v1} が下降するように曲がる。その結果、p 型ダイヤモンド半導体層 12a 表面のエネルギーバンドは図に示すように下向きに曲がり、界面付近の伝導帯側にエネルギーバンドのくびれが形成される。このことにより、電子がトンネル効果により表電極 14 からこのくびれへ移動して蓄積され、この電子が p 型ダイヤモンド半導体層 12a 中の格子欠陥による欠陥準位などで正孔と再結合して発光を生じる。

次に、ダイヤモンド半導体層が n 型の場合の発光機構をその説明図の第 4 図に基づいて以下に説明する。この場合、この発明によるダイヤモンド半導体発光素子は、その模式構造図の第 4 図(a)に示すように、ダイヤモンド半導体層としては n 型

ダイヤモンド半導体層12bを有し、他の構成としては上記の第3図(a)に示すものと同様の構成である。第4図(b)は順方向バイアス状態におけるエネルギーバンド図であって、同図では、上記第3図(b)と同様に、ダイヤモンド絶縁体層13、n型ダイヤモンド半導体層12bそれぞれにおいて、伝導帯下端のエネルギーを E_{c1} 、 E_{c2} 、価電子帯上端のエネルギーを E_{v1} 、 E_{v2} として示す。また、フェルミ準位を E_F 、正孔を白丸、電子を黒丸として示す。

第4図(b)において、両電極間14、15に表電極14が正となるような電圧Vを印加すると、つまり順方向バイアス状態にすると、ダイヤモンド絶縁体層13のエネルギーバンドはn型ダイヤモンド半導体層12bとの界面方向へその E_{c1} 、 E_{v1} が上昇するように曲がり、その結果、n型ダイヤモンド半導体層12b表面のエネルギーバンドは図に示すように上向きに曲がり、界面付近の価電子帯側にエネルギーバンドのくびれが形成される。このことにより、正孔がトンネル効果により表電極14から

に、ダイヤモンド絶縁体層3上には、微細加工技術を用いて、Ti、次いでAuを蒸着して積層してなる表電極4を形成するとともに、図に示すように、Si基板1のp型ダイヤモンド半導体層2a側の面上には、このSi基板1に対しオーミック接触を示すAuを蒸着してなる裏電極5を形成した。

このようにして作製したダイヤモンド半導体発光素子の両電極間4、5に表電極4側が負となるように350V程度の電圧を印加すると、緑白色の発光が得られた。また、印加電圧を上げることにより絶縁破壊を生じることなく発光強度を容易に高め調整することができた。なお、ダイヤモンド絶縁体層3の厚みを変えることによっても印加電圧と発光強度との関係を変化させることができる。

第2図はこの発明のさらに他の実施例によるダイヤモンド半導体発光素子の構造を模式的に示す断面図である。なお、第1図のものと同様の構成をなすものは同一符号で説明する。第2図に示す

このくびれへ移動して蓄積され、この正孔がn型ダイヤモンド半導体層12b中の格子欠陥による欠陥準位などで電子と再結合して発光を生じる。

(実施例)

以下、実施例に基づいてこの発明を説明する。

第1図はこの発明の一実施例によるダイヤモンド半導体発光素子の構造を模式的に示す断面図である。同図に示すように、低抵抗のSi基板(シリコンウエハ)1上に、選択成長技術を用いて、所定の大きさの厚み10 μ mのp型ダイヤモンド半導体層2aを気相合成した。p型ダイヤモンド半導体層2aの気相合成は、マイクロ波プラズマCVD法でメタン0.3vol%、ジボラン(B_2H_6)0.00005vol%、残り水素(vol%)とする反応ガスを使用して行った。

次いで、このBをドーブしたp型ダイヤモンド半導体層2a上に、メタン0.3vol%、水素99.7vol%とする反応ガスを用いて厚み0.5 μ mのノンドープのダイヤモンド絶縁体層3をマイクロ波プラズマCVD法により形成した。さら

ように、低抵抗のSi基板1上に、選択成長技術を用いて、厚み10 μ mのn型ダイヤモンド半導体層2bを気相合成した。n型ダイヤモンド半導体層2bの気相合成は、マイクロ波プラズマCVD法でメタン0.3vol%、シラン(SiH_4)0.0005vol%、残り水素(vol%)とする反応ガスを使用して行った。次いで、このSiがドーブされたn型ダイヤモンド半導体層2b上に、マイクロ波プラズマCVD法によりメタン0.3vol%、水素99.7vol%とする反応ガスを使用して厚みが0.5 μ mのノンドープのダイヤモンド絶縁体層3を形成した。さらに、ダイヤモンド絶縁体層3上には、微細加工技術を用いて、Ti、次いでAuを蒸着して積層してなる表電極4を形成し、また、Si基板1のn型ダイヤモンド半導体層2bの反対側の面上には、Si基板1に対しオーミック接触を示すAuを蒸着してなる裏電極5を形成した。

このようにして作製したダイヤモンド半導体発光素子の両電極間4、5に表電極4側が正となる

ように400V程度の電圧を印加すると、青白色の発光が得られた。また、印加電圧を上げることで、絶縁破壊を生じることなく発光強度を容易に高め調整することができた。

なお、ダイヤモンド絶縁体層3上に形成される表電極4を構成する金属材料としては、上記両実施例ではダイヤモンド絶縁体層に対する密着に優れたTiと、Tiの酸化防止するためのこの上に積層するようにしたAuとを使用した。これに限定されるものではなく、例えば、仕事関数の小さいAlを用いるようにしてもよい。さらに、表電極4、裏電極5の材料としては、上記両実施例では金属材料を用いたがこれに限らず、例えばポリSiのような導電性非金属材料を用いるようにしてもよい。

(発明の効果)

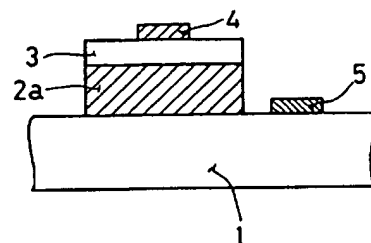
以上説明したように、この発明によるダイヤモンド半導体発光素子は、表電極とp型あるいはn型ダイヤモンド半導体層との間にダイヤモンド絶縁体層を挟み発光を得る素子構造としたので、ダ

イヤモンド半導体層への不純物のドーピング量を、従来のように金属電極・ダイヤモンド半導体層の接触特性(ショットキー特性)に制約されるということなく設定でき、これにより、短波長領域において異なる発光色が容易に得られる。また、発光を得るにあたり、ダイヤモンド半導体層に対し順方向バイアス状態で電圧を印加すればよいので、発光強度の調整はこの順方向に印加する電圧を調整することにより行うことができ、絶縁破壊を起こす心配がなく、短波長領域の発光素子として実用的に極めて有用である。

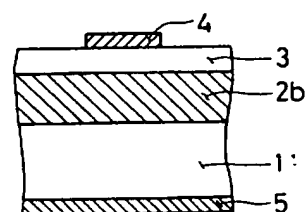
4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の一実施例によるダイヤモンド半導体発光素子の構造を模式的に示す断面図、第2図はこの発明の他の実施例によるダイヤモンド半導体発光素子の構造を模式的に示す断面図、第3図はこの発明によるダイヤモンド半導体発光素子のダイヤモンド半導体層がp型の場合の発光機構の説明図、第4図はこの発明によるダイヤモンド半導体発光素子のダイヤモンド半導体層がn

第1図



第2図

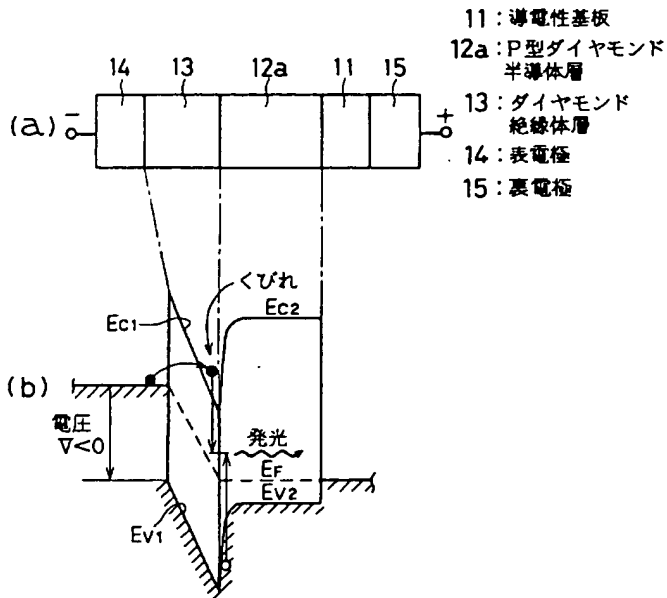


型の場合の発光機構の説明図、第5図は従来のダイヤモンド半導体発光素子の構成を説明するための図、第6図は第5図に示す従来のダイヤモンド半導体発光素子の発光機構を説明するためのエネルギーバンド図である。

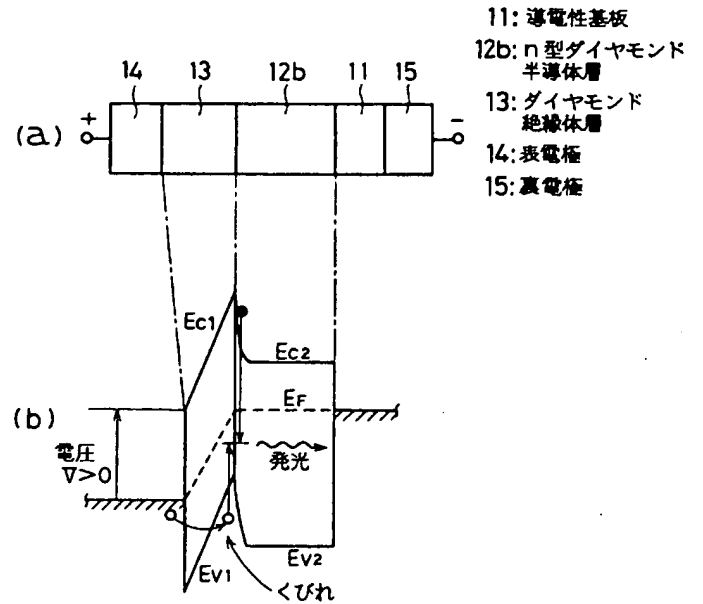
- 1、11…低抵抗のSi基板(導電性基板)、
- 2a、12a…p型ダイヤモンド半導体層、
- 2b、12b…n型ダイヤモンド半導体層、
- 3、13…ダイヤモンド絶縁体層、
- 4、14…表電極、5、15…裏電極。

特許出願人 株式会社神戸製鋼所
代理人 弁理士 金丸 章一

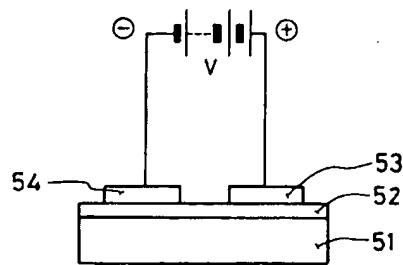
第3図



第4図



第5図



第6図

